


## Method of producing an aspherical surface on an optical element and composite optical component obtained by implementing the method

Patent Number: FR2619226  
Publication date: 1989-02-10  
Inventor(s): HOLLIER PIERRE  
Applicant(s): MATRA (FR)  
Requested Patent: ☐ FR2619226  
Application Number: FR19870011309 19870807  
Priority Number(s): FR19870011309 19870807  
IPC Classification: G02B1/10; G02B23/02  
EC Classification: C23C14/04B2  
Equivalents:

### Abstract

In order to produce an aspherical surface on an optical element 10, material is deposited by vacuum evaporation onto the surface of the element. The mask is moved in its plane in an oscillatory motion during the deposition and distributed openings 20 are made in the mask giving it a local permeability which is a direct function of the thickness of material to be deposited in the corresponding zone of the surface. In

particular, the method makes it possible to produce telescope mirrors in several pieces. 

Data supplied from the esp@cenet database - I2

[4] 102 39 163.7-45  
02 F 402 62-JWS

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 619 226**

(21) N° d'enregistrement national :

**87 11309**

(51) Int Cl<sup>4</sup> : G 02 B 1/10, 23/02.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 7 août 1987.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 6 du 10 février 1989.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

(71) Demandeur(s) : Société anonyme dite : MATRA. — FR.

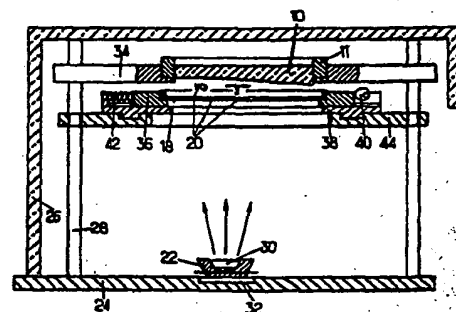
(72) Inventeur(s) : Pierre Hollier.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Plasseraud.

(54) Procédé de réalisation d'une surface asphérique sur un élément optique et composant optique composite obtenu par mise en œuvre du procédé.

(57) Pour réaliser un surface asphérique sur un élément op-  
tique 10, on dépose du matériau par évaporation sous vide sur  
la surface de l'élément. On déplace le masque dans son plan  
d'un mouvement oscillatoire au cours du dépôt et en ce qu'on  
pratique dans le masque des ouvertures réparties 20 lui don-  
nant une perméabilité locale qui est une fonction directe de  
l'épaisseur de matériau à déposer dans la zone correspondante  
de la surface. Le procédé permettant notamment de réaliser  
des miroirs de télescope en plusieurs pièces.



R 2 619 226 - A1

1

Procédé de réalisation d'une surface asphérique sur un élément optique et composant optique composite obtenu par mise en oeuvre du procédé.

5 L'invention a pour objet un procédé de réalisation d'une surface asphérique sur un élément optique, dioptrique ou réfléchissant, par dépôt sous vide de matière sur une surface de départ qui est souvent sphérique (une surface plane constituant un cas particulier  
10 de la surface sphérique) ; elle peut cependant être cylindrique.

On sait déjà réaliser des surfaces asphériques de révolution autour d'un axe, en déposant sous vide du matériau provenant d'une source à travers un masque, la  
15 surface ou le masque étant entraînée en rotation autour de l'axe (SCHULTZ J. Opt.Soc. of Am. Vol. 38/ (1948) n°5, pp 432-441. Cette méthode permet de déposer des couches d'épaisseur bien définies par un procédé qui est maintenant parfaitement maîtrisé, puisqu'il s'agit d'une  
20 extrapolation du dépôt de couches anti-reflet. Mais elle devient pratiquement inutilisable lorsque la surface est constituée par un segment seulement d'une forme géométrique de révolution autour d'un axe écarté de la surface et elle est inapplicable lorsque la surface ne  
25 présente plus un tel axe. Or, beaucoup d'appareils optiques, notamment les télescopes, utilisent des composants à surface asphérique de taille telle qu'il est souhaitable de les décomposer en segments qu'on assemble ensuite, pour simplifier les problèmes de coût,  
30 de durée de fabrication et de manutention.

L'invention vise notamment à fournir un procédé de réalisation de surface asphérique par dépôt sous vide répondant mieux que ceux antérieurement connus aux  
exigences de la pratique, notamment en ce qu'il est  
35 applicable quelle que soit la forme de la surface finale à réaliser, dans la mesure où en chaque point elle

correspond à un supplément d'épaisseur tel qu'il n'y ait pas de risque de décollement du dépôt.

Dans ce but, l'invention propose un procédé de réalisation de surface optique asphérique à partir d'une surface de départ, suivant lequel on dépose du matériau par évaporation sous vide sur ladite surface à travers un masque, caractérisé en ce qu'on déplace le masque dans son plan d'un mouvement oscillatoire, généralement suivant deux directions, au cours du dépôt et en ce qu'on pratique dans le masque des ouvertures réparties lui donnant une perméabilité locale qui est une fonction directe de l'épaisseur de matériau à déposer dans la zone correspondante.

Ce procédé contrairement à celui décrit dans l'article mentionné ci-dessus, permet de réaliser des surfaces asphériques n'ayant pas d'axe de révolution ou dont l'axe de révolution est décentré par rapport à la surface elle-même. Le premier cas est celui de certains éléments optiques correcteurs. Le second se présente notamment lorsqu'on veut constituer en plusieurs tronçons un composant de révolution.

En général, les ouvertures seront réparties suivant un réseau régulier mais auront des dimensions variables. Lorsque la surface asphérique à réaliser est destinée à un élément optique travaillant dans le domaine visible, infrarouge ou ultraviolet, on sera généralement amené à adopter un pas de répartition des ouvertures de l'ordre de 1 mm. L'amplitude du mouvement oscillatoire sera généralement du même ordre de grandeur que le pas. Pour réduire les variations périodiques d'épaisseur à une valeur de l'ordre de  $\lambda/10$  ( $\lambda$  étant la longueur d'onde de la lumière), requise pour obtenir des propriétés satisfaisantes, il sera quelquefois nécessaire de juxtaposer plusieurs mouvements oscillatoires à des fréquences et éventuellement à des amplitudes, différentes. Le mouvement oscillatoire pourra être à

vitesse constante ou non. Le diagramme d'émission des sources de matériau est tel qu'il sera quelquefois nécessaire d'utiliser plusieurs sources simultanément, surtout lorsque l'épaisseur de dépôt varie fortement le long de la surface.

L'invention propose également un composant optique comprenant plusieurs éléments juxtaposés obtenus chacun par le procédé défini ci-dessus.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit d'un mode particulier de mise en oeuvre de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent dans lesquels :

- la figure 1 montre schématiquement une constitution possible d'un miroir de télescope de grand diamètre dont les éléments peuvent être réalisés par mise en oeuvre de l'invention ;

- la figure 2 est une vue en coupe suivant la ligne II-II de la figure 1 montrant une constitution possible des éléments ;

- la figure 3 est une vue en perspective simplifiée montrant une constitution possible d'un masque utilisable pour réaliser un élément du genre montré en figure 1 ;

- la figure 4 est une vue schématique, en élévation, montrant une constitution possible d'un dispositif de mise en oeuvre du procédé.

Le miroir montré en figure 1 est par exemple un miroir de télescope de grand diamètre, pouvant atteindre 8 m, tel que ceux envisagés pour des montages sur satellite. Il est constitué de deux couronnes d'éléments en forme de secteurs d'anneau. Fréquemment de tels miroirs doivent avoir une surface autre que plane ou sphérique. En particulier des surfaces en forme de paraboloïde ou d'hyperboloïde sont nécessaires pour certains télescopes. Dans ce cas il n'est pas possible

de fabriquer les éléments 10 par le procédé décrit dans l'article ci-dessus mentionné. Il en est de même lorsque le miroir ne présente aucun axe de révolution, ce qui est en particulier le cas des miroirs de correction  
5 utilisés dans des télescopes de SCHMIDT à faisceau dévié.

Lorsqu'on connaît la forme de la surface à réaliser, on peut déterminer par le calcul la surface sphérique à partir de laquelle on peut l'obtenir par  
10 dépôt d'une épaisseur minimale de matière. La figure 2 montre schématiquement deux éléments 12 présentant une surface polie sphérique 14 recouverte d'une couche 16 destinée à réaliser la surface asphérique requise. On peut réaliser des couches ayant une épaisseur maximale  
15 d'environ 1 mm, sans décollement dans la mesure où les matériaux constitutifs de la couche et du support sont choisis de façon appropriée. Une telle épaisseur maximale permet de réaliser, à partir d'une surface sphérique, les corrections nécessaires pour des éléments  
20 de miroir de télescope ayant une dimension de l'ordre du mètre.

On connaît de nombreux couples de matériaux permettant tout à la fois de réaliser le support par des techniques classiques de coulée, de refroidissement et  
25 de polissage et de déposer une couche adhérente par évaporation sous vide. Par exemple on peut réaliser des dépôts de silice sur de la silice fondue, du bore sur du verre, de l'aluminium sur de l'aluminium et du cuivre sur du cuivre ou un autre matériau compatible du point  
30 de vue des coefficients de dilatation thermique.

Naturellement, les éléments peuvent avoir une forme autre que de secteur d'anneau. Ils peuvent par exemple constituer des pavés carrés ou hexagonaux juxtaposés.

35 Le procédé suivant l'invention de fabrication d'un élément 12 tel que l'un de ceux représentés en

figure 2 implique de déposer sur la surface 14 du matériau par évaporation sous vide, à travers un masque 18 animé d'un mouvement oscillatoire. Le masque est constitué d'une feuille mince de forme plane ou reproduisant approximativement celle de la surface 14 percée d'un réseau d'ouvertures 20 qui seront généralement, bien que cela ne soit pas indispensable, réparties aux noeuds d'un réseau régulier, carré ou hexagonal par exemple. Ces ouvertures ont une dimension variable suivant les espacements de façon que la perméabilité du masque varie suivant une loi prédéterminée, calculée en fonction de l'épaisseur de métal à déposer en chaque point. Le masque 18 est interposé entre la surface 14 et une source 22 de matériau à déposer en phase vapeur. On disposera de préférence le masque 18 à proximité immédiate de la surface 14, par exemple à quelques millimètres.

L'épaisseur  $e$  déposée en un point déterminé de la surface 14 en un temps  $t$  dépend des divers paramètres de mise en oeuvre du procédé et peut s'écrire

$$e(x,y) = [M(x,y).S(x,y)] * B(x,y) * K(x,y).t$$

Dans cette formule :

\* désigne un produit de convolution,  
 M est la fonction de masquage, 1 désignant l'intérieur d'un trou, 0 la paroi entre trous,  
 S est le diagramme d'évaporation bidimensionnel de la source 22 (qu'on supposera déterminée et reproductible),  
 B est une fonction de brouillage, due à ce que le masque n'est pas directement contre la surface à revêtir,  
 K est la fonction cinématique du masque, c'est-à-dire l'intégrale du temps de présence au point de coordonnées  $x,y$ .

Dans la mesure où les fonctions S et B sont connues et stables, il est possible de simuler sur un calculateur l'accroissement d'épaisseur et donc de déterminer la valeur à donner à la fonction binaire M.

Pour simplifier la prise en compte de la fonction S, il est avantageux de faire tourner la source autour d'un axe dirigé sensiblement vers le milieu de la surface 14, de façon que S devienne une fonction d'une seule variable  $(x^2+y^2)^{1/2}$ .

Dans la pratique, une solution. avantageuse consiste à déterminer à partir des valeurs connues de e en chaque point, de S supposé connu, de B déterminé par des expérimentations préalables et du type de loi de balayage que l'on s'impose, la variation de la valeur M en fonction de x et y. On peut notamment adopter, dans le cas de la réalisation de surfaces optiques pour lesquelles on souhaite que les ondulations ne dépassent pas en amplitude quelques centièmes de microns (c'est-à-dire environ  $\lambda/10$ ), des ouvertures situées aux noeuds d'un réseau carré de 1 mm environ de pas. Les trous peuvent être percés notamment au laser dans une feuille mince. L'oscillation suivant les directions x et y peut être de l'ordre de grandeur du pas.

Le procédé peut être mis en oeuvre dans un dispositif du genre montré en figure 4. Le dispositif comprend une enceinte étanche, schématiquement représentée sous forme d'un socle 24 et d'une cloche 26 reliés par des colonnettes 28 qui en même temps supportent les dispositifs actifs, comme on le verra plus loin. La source 22 comporte un creuset muni d'éléments de chauffage, qui peuvent être constitués par une résistance intégrée au creuset ou par une source de faisceau d'électrons focalisée sur le matériau 30 à vaporiser. Comme on l'a vu plus haut, il peut être utile de disposer le creuset sur un support 32 permettant de le faire tourner autour d'un axe vertical dirigé vers l'élément optique 10 à traiter.

Cet élément optique 10 est porté par un support 11, par exemple muni de mors, maintenant sa surface à revêtir dirigée vers la source 22. Ce support est



lui-même monté sur une plaque 34 fixée aux colonnettes 28. Le support et la plaque doivent maintenir l'élément dans une orientation bien déterminée.

Le masque 18 est constitué par une plaque mince  
5 dont les bords sont retenus par un cadre 36 monté sur un mécanisme de déplacement suivant deux directions orthogonales x et y. Dans le mode de réalisation illustré, le cadre 36 est monté sur des glissières dirigées suivant la direction x et portées par une table 38. Un mécanisme  
10 permettant de donner au cadre 36 un mouvement oscillatoire comporte une came 40 entraînée par un moteur électrique non représenté et déplaçant le cadre 36 contre l'action d'un ressort de rappel 42. Suivant la forme donnée à la came, la loi de mouvement de la table  
15 peut être quasi-linéaire ou se rapprocher au contraire d'un mouvement sinusoïdal.

La table 38 est à son tour montée par des glissières, orientées suivant la direction y, sur une embase 44 fixée aux colonnettes 28. Un mécanisme  
20 similaire à celui commandant les déplacements suivant la direction x est prévu pour faire osciller le cadre et la table suivant la direction y.

La réalisation d'un élément optique par le procédé selon l'invention implique successivement le  
25 calcul, par des procédés connus, de la surface sphérique de base la plus avantageuse et de l'épaisseur de dépôt en chaque point. Ensuite, les caractéristiques de la source 22 et la fonction de brouillage B ayant été déterminées par des expériences antérieures, la loi de  
30 détermination de la perméabilité à donner au masque 18 est calculée. Il est naturellement souhaitable de donner au masque une perméabilité maximale (c'est-à-dire de réduire au maximum les parties matérielles restantes) dans les zones où le dépôt doit être d'épaisseur  
35 maximum. L'opération de dépôt est ensuite effectuée puis la surface asphérique obtenue est vérifiée.

Il est possible, dans le cas où des sous-épaisseurs subsistent en certains points après dépôt de reprendre le traitement de la plaque avec un masque de correction supplémentaire, déterminé à partir d'une  
5 comparaison entre la forme effectivement obtenue et la forme théorique recherchée.

Comme cela a été indiqué plus haut, il est dans certains cas préférable d'utiliser plusieurs sources 22, surtout lorsque le diagramme d'émission de chaque source  
10 est irrégulier ou trop directif et/ou de donner à la plaque un mouvement résultant qui est la composition de plusieurs mouvements de fréquences et d'amplitudes différentes.

15

20

25

30

35

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'une surface asphérique sur un élément optique (10) par dépôt sous vide de matière sur une surface de départ, suivant lequel on  
5 dépose du matériau par évaporation sous vide sur ladite surface de départ à travers un masque (18), caractérisé en ce qu'on déplace le masque dans son plan d'un mouvement oscillatoire au cours du dépôt et en ce qu'on pratique dans le masque des ouvertures réparties (20)  
10 lui donnant une perméabilité locale qui est une fonction directe de l'épaisseur de matériau à déposer dans la zone correspondante de la surface.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on déplace le masque suivant deux directions  
15 orthogonales.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'on répartit les ouvertures avec un pas de l'ordre du millimètre.
4. Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3,  
20 caractérisé en ce que l'on soumet le masque à un mouvement oscillatoire résultant de la composition de plusieurs mouvements à des fréquences et amplitudes différentes.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendica-  
25 tions précédentes, caractérisé en ce que l'on dépose du matériau en provenance de plusieurs sources (22).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendica-  
tions précédentes, caractérisé en ce que l'on fait tourner la source, ou une au moins des sources, autour  
30 d'un axe vertical dirigé vers ladite surface.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendica-  
tions précédentes, caractérisé en ce que la surface de départ est sphérique.
8. Composant optique comprenant plusieurs  
35 éléments juxtaposés obtenus chacun par le procédé suivant l'une quelconque des revendications précédentes.

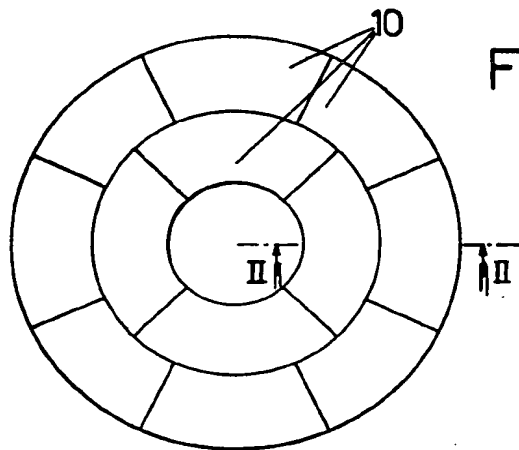


FIG. 1.

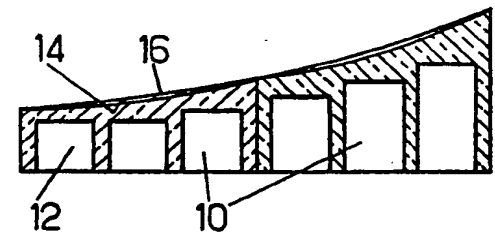


FIG. 2.

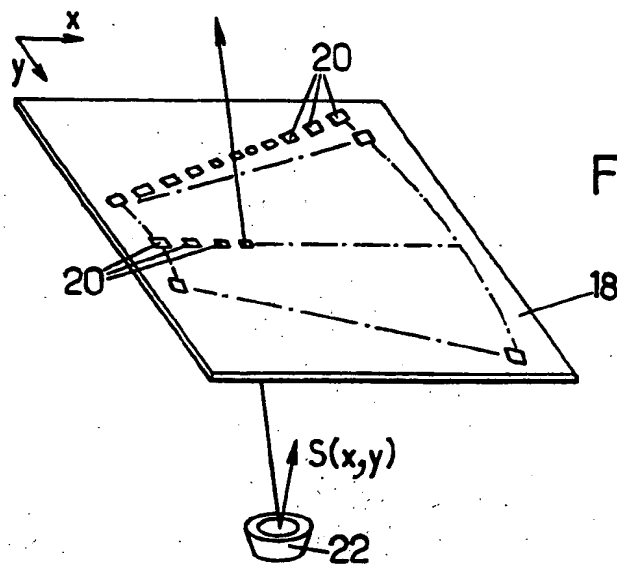


FIG. 3.

FIG.4.

